مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۳، شماره ۱، ۱۳۹۱ (۱۸۸-۱۷۵)

شناسایی لاین‌های امید بخش و ارقام اصلاح شده جو متحمل به خشکی در شرایط کرمانشاه

رامبد عبیری[۱]، علیرضا زبرجدی[۲*]، مختار قبادی[۳]، امیرکیوان کفاشی[۴] و نرگس اتابکی[۵]
۱، دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه
۲و۳، دانشیاران گروه پژوهشی بیوتکنولوژی مقاومت به خشکی دانشگاه رازی، ۴، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، ۵، دانش آموخته کارشناسی ارشد گیاهپزشکی دانشگاه رازی
(تاریخ دریافت:۸۹/۵/۱۷ – تاریخ تصویب: ۹۱/۱/۱۹)

چکیده

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی بین لاین‌های امیدبخش و اصلاح شده جو و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، بیست ژنوتیپ جو در طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط، تنش خشکی و بدون تنش خشکی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه در دو شرایط رطوبتی و شاخص‌های مقاومت به خشکی اختلاف بسیار معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد در شرایط تنش (Ys)، در شرایط نرمال (Yp) و شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HAM)، شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص عملکرد (YI) و تفاوت معنی‌دار برای شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) را نشان داد. نتایج همبستگی بین عملکرد در دو محیط و شاخص‌های مقاومت نشان داد شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HAM)، شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص عملکرد (YI) به علت داشتن همبستگی معنی‌دار با عملکردهای در شرایط تنش (Ys) و در شرایط نرمال (Yp) شاخص‌های مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های جو می‌باشند. بر اساس بای پلات ترسیم شده بر مبنای دو مؤلفه اصلی، ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۴ در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) قرار دارند. بر اساس شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص تحمل تنش (STI) ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۱۴ و ۱۵ ضمن دارا بودن عملکرد بالا در هر دو محیط به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط شهرستان کرمانشاه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: لاین‌های امیدبخش و اصلاح شده جو، عملکرد دانه، شاخص مقاومت به خشکی، بای پلات، تجزیه خوشه‌ای.

* نویسنده مسئول: علیرضا زبرجدی تلفن: ۰۹۱۸-۱۳۲۱۸۰۹ E-mail:Zebarjadiali@yahoo.com

مقدمه

جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) چهارمین غله جهان پس از گندم، ذرت و برنج است (Forsrter et al., 2000). جو یکی از قدیمی‌ترین غلات است که در مناطق معتدله جهان کشت شده و قلیایت خاک، خشکی و یخبندان را تحمل می‌کند. اما عملکرد زیاد این گیاه در خاک‌های حاصلخیز و مناطقی که بهار خنک و طولانی دارند به‌دست می‌آید (Yazdi- Samadi & Abd-Mishani, 2004). جهت دست‌یابی به افزایش عملکرد و استفاده در برنامه‌های به‌نژادی جو، شناخت و بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و فنولوژیکی این گیاه حائز اهمیت می‌باشد (Golestani Araghi & Assad, 1998).

خشکی در واقع یک رویداد هوا شناختی است که با عدم وقوع بارندگی در یک دوره زمانی همراه میباشد، دوره‌های که به اندازه‌ای بلند است تا باعث تخلیه رطوبتی خاک و تنش کمبود آب همراه با کاهش پتانسیل آب در بافتهای گیاهی گردد. از دیدگاه کشاورزی، خشکی عبارت است از ناکافی بودن مقدار و توزیع آب قابل استفاده در طی دوره رشد گیاه که این امر موجب کاهش بروز توان کامل ژنتیکی گیاه می‌گردد. مناطق خشک و نیمه خشک جهان تقریباً ۴۰ درصد اراضی جهان را شامل گردیده و بالغ بر ۷۰۰ میلیون نفر از جمعیت دنیا در این مناطق سکونت دارند که حدود ۶۰ درصد از این اراضی در کشورهای در حال توسعه واقع شده‌اند. بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد از مساحت ۲۰ کشور در خاور نزدیک، آفریقا و آسیا را مناطق خشک و کم باران در بر گرفته است. خشکی و تنش ناشی از آن از جمله معمول‌ترین تنش‌های محیطی است که حدوداً تولیدات زراعی را در ۲۵ درصد از زمینهای کشاورزی جهان محدود می‌کند (Hashemi-Dezfoli et al., 1995).

تنش خشکی پس از گلدهی سبب کاهش عملکرد دانه و اجزای آن در گندم و جو می‌گردد. اعتقاد بر این است که حساس‌ترین مرحله نمو گندم به تنش خشکی مرحله گرده افشانی است (Johnston & Fowler, 1992). همچنین کمبود آب در مرحله بعد از گلدهی می‌تواند باعث کاهش عملکرد دانه از طریق تعداد سنبله و باروری سنبلچه‌ها گردد (Giunta et al., 1993).

هارد اولین کسی بود که مساله تهیه ارقام متحمل به خشکی را به روش انتخاب در شرایط تنش آبی مصنوعی مطرح نمود و انتخاب محیط آزمایش با اقلیم منطقه دارای تنش را شرط نهایی موفقیت آمیز در آزمایش دانست (Jensen, 1988). دونالد اولین بار بهبود عملکرد دانه را براساس اصلاح اجزای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی عملکرد در گیاهان پیشنهاد نمود. بسیاری از آزمایش‌هایی که جهت اصلاح ژنوتیپ‌ها برای مقاومت به خشکی صورت می‌گیرد، عموماً در دو شرایط تنش و بدون تنش اجرا می‌شوند. هدف اصلی این گونه آزمایش‌ها انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که به هر دو شرایط فوق سازگار باشند. برای انتخاب گیاهان بر اساس عملکرد، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها عملکرد گیاه را در دو محیط تنش و غیر تنش در بر می‌گیرند (Fernandez, 1992).

انتخاب همزمان برای همه خصوصیات مهم توأم با در نظر گرفتن ارزش‌های اقتصادی و قابلیت توارث آنها و همچنین همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات مختلف، مؤثرترین روش گزینش می‌باشد. در این روش یک شاخص تعریف می‌گردد و افراد جامعه بر مبنای آن به‌عنوان یک صفت منفرد گزینش می‌گردند (Falconer, 1983). پیشنهاد شاخص فیزیولوژیکی خاص به عنوان شاخص معتبر برای تولید مطلوب در شرایط تنش خشکی، که اصلاح‌گران از آن به عنوان یک شاخص مقاومت به خشکی مناسب برای داشتن عملکرد بالا استفاده کنند، مشکل است (Blum et al., 1981).

ژنوتیپ‌ها را بر اساس عکس‌العمل عملکردشان به شرایط تنش می‌توان به ۴ گروه تقسیم کرد (Fernandez, 1992): (۱) ژنوتیپ‌هایی که تحت هر دو شرایط تنش و غیرتنش عملکرد بالایی تولید می‌کنند (گروه A). (۲) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش (گروهB). (۳) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت شرایط تنش (گروه C) و (۴) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد ضعیف در هر دو شرایط تنش و بدون تنش (گروهD).

با توجه به اینکه در ایران، قسمت عمده‌ای از اراضی کشور تحت شرایط خشک و نیمه خشک قرار داشته و محصول جو نیز سطح زیادی از اراضی کشاورزی را در بر گرفته است، بطوریکه در کرمانشاه نیز با داشتن

۱۲۳۲۶۳هکتار سطح زیر کشت و با تولید ۵۸۹۲۷/۱۸ تن جزو یکی از محصولات استراتژیک می‌باشد. این تحقیق با هدف ارزیابی عملکرد و تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های جو جهت دست‌یابی به بهترین شاخص‌های مقاومت برای گزینش ارقام متحمل به خشکی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۸۷- ۱۳۸۶ در دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه با مختصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی بر روی ۱۸ لاین امیدبخش و ۲ رقم اصلاح شده تهیه شده از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بطور مجزا در دو مکان اجراء گردید. پس از آماده سازی زمین بر اساس نتیجه آزمون خاک محل آزمایش با استفاده از روشهای کژلدال و السن (Page et al., 1986)، کود مورد نیاز بر اساس فرمول $N_{100}P_{30}$ (کیلوگرم در هکتار) از منابع اوره و سوپر فسفات تریپل استفاده شد.

جدول ۱- نام و شجره برخی لاین‌های امید بخش و اصلاح شده جو مورد استفاده در این مطالعه

ردیف	نام و مشخصات	ردیف	نام و مشخصات
۱	Walfajre / Miraj 1	۱۱	ASTRIX (C) /3 /MAL /OWB753328 – 5H- F1 /PEVGA /BOYER
۲	Kmk / Rbr / Wa2196 – 68 / 3 / EBC (A)	۱۲	RANNIY/ ROBUR
۳	Piratl / Maita 1- 4 – 3094 – 2	۱۳	CITA"S"/4/APM/RI/MANKER/3MASWI/BON/5/COPAL "S"/6/DEIR ALLA
۴	YEA 389.3 / YEA 475.4	۱۴	Srs/3/ Mari/ Aths*2 // Arizona 5908 / Aths
۵	ALGER / (CI 10117) / CHOYO	۱۵	Giza121 / cio6248/ 4 /APM/ I B6S// 11012-2-/3/API/CM67//OS/APR/5
۶	CERES // WI 2192 / EMIR/3/ KAROON	۱۶	Star/ plaisout
۷	ALGER / (CI 10117) / CHOYO	۱۷	ROBUR/ MIRAJ1
۸	CERES // WI2192 / EMIR/ 3/ KAROON	۱۸	L.527// PALLI BUM1908/8
۹	WA2138 – 68 / ILL 62 – 19 / 3 /	۱۹	WALFAJR
۱۰	VICTORIA/BKFMagnelone1604/Lignece 640	۲۰	SARAROD 1

هر کرت شامل پنج خط سه متری با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌ها از هم ۳۰ سانتی‌متر و فاصله تکرارها یک متر معین گردید دو خط کناری هر کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و از سه خط باقی‌مانده نمونه‌برداری برای صفات مورد بررسی انجام شد. بمنظور اعمال تنش در سایت تنش از مرحله گرده افشانی به بعد، آبیاری انجام نپذیرفت ولی در سایت نرمال در مراحل گرده افشانی و پر شدن دانه آبیاری انجام شد. پس از برداشت و محاسبه عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط، شاخص‌های مقاومت به خشکی به شرح زیر محاسبه شد:

شاخص تحمل به تنش[1] (STI)

این شاخص بر اساس رابطه $STI = (Y_S \times Y_P) / \overline{Y}_P^2$ برای هر ژنوتیپ محاسبه شد (Fernandez, 1992).

شاخص تحمل[2] (TOL)

این شاخص براساس رابطه‌ی TOL = Yp – Ys بر اساس اختلاف عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش محاسبه گردید (Rossielli & Hamblin, 1981).

شاخص حساسیت به تنش[3] (SSI)

این شاخص را می‌توان به‌عنوان شاخص مناسبی برای تشخیص ارقام مقاوم به خشکی در شرایط تنش شدید معرفی کرد. این شاخص بر اساس رابطه

1. Stress Tolerance Index

2. Tolerance

3. Stress Susceptibility Index

$SSI = \left[1-\left(Y_S/Y_P\right)\right]/SI$ محاسبه گردید (Fischer & Maurer, 1978).

شدت تنش[1] (SI)

این شاخص بر اساس رابطه $SI = \left[1-\left(\overline{Y_S}/\overline{Y_P}\right)\right]$ محاسبه شد (Fischer & Maurer, 1978).

شاخص بهره‌وری متوسط[2] (MP)

این شاخص بر مبنای فرمول MP=(Yp+Ys)/2 محاسبه گردید (Rosielle & Hamblin, 1981).

میانگین هندسی بهره‌وری[3] (GMP)

این پارامتر با توجه به رابطه $GMP = \sqrt{Y_s \times Y_p}$ محاسبه شد (Fernandez, 1992).

شاخص میانگین هارمونیک[4] (HAM)

این شاخص بر اساس رابطه $HAM = \frac{2(Yp \times Ys)}{(Yp + Ys)}$ محاسبه گردید (Fernandez, 1992; Zebarjadi, 2008).

شاخص عملکرد (YI= Yield Index)

بر اساس رابطه $YI = \frac{Ys}{Yp}$ برآورد گردید (Gavuzzi et al., 1997).

در فرمول‌های محاسباتی انواع شاخص‌های فوق، متغیرهای **Yp** مساوی عملکرد هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش، **Ys** برابر با عملکرد هر ژنوتیپ در محیط تنش، $\overline{\mathbf{Ys}}$ معادل میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و $\overline{\mathbf{Yp}}$ برابر با میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش می‌باشند.

برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد بالا در هر دو محیط و نیز شاخص‌های تحمل به خشکی که همبستگی معنی‌داری با هر دو شرایط دارند از اشکال سه بعدی استفاده گردید که در آن عملکرد در محیط بدون تنش بروی محور X ها، عملکرد در محیط تنش بر روی محور Yها و یکی از شاخص‌های انتخاب شده بر روی محور Z ها نمایش داده شد. برای نشان دادن روابط بین این سه متغیر و جدا نمودن ژنوتیپ‌های گروه A از گروه‌های دیگر(B, C, D) و همچنین تشخیص سودمندی شاخص مورد نظر به عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌های پر محصول و متحمل به خشکی سطح X-Y به وسیله کشیدن خطوط متقاطع به چهار گروه A, B, C و D تقسیم گردید (Fernandez, 1992; Sori et al., 2005; Zebarjadi, 2008).

تجزیه واریانس ساده بر اساس مدل آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (توسط نرم افزار MSTAT-C)، محاسبه شاخص‌ها (توسط نرم افزار Excel)، همبستگی ساده بین شاخص‌ها و عملکرد دانه، تجزیه به مؤلفه اصلی، رسم نمودار سه بعدی (توسط نرم افزار SPSS)، نمودار گرافیکی بای‌پلات و تجزیه خوشه‌ای (با استفاده از نرم افزار Minitab) انجام شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات اندازه‌گیری شده بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد در محیط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و کلیه شاخص‌های مورد مطالعه می‌باشد. بین ژنوتیپ‌های بکار رفته از نظر شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HAM)، تحمل به تنش (STI) و شاخص عملکرد (YI) تفاوت بسیار معنی‌دار و بین شاخص‌های پایداری عملکرد (YSI) و حساسیت به تنش (SSI) تفاوت معنی-دار مشاهده گردید (جدول ۲). بنابراین بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر این شاخص‌ها تنوع وجود دارد. وجود تفاوت معنی‌دار و تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های مقاومت به خشکی در کلزا (Zebarjadi, 2008) و نخود (Sori et al., 2005) نیز گزارش شده است.

بیشترین عملکرد دانه در شرایط نرمال مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۹ (۶۴۳۴ کیلوگرم در هکتار) و ۱۵ (۷۲۴۴ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد که با هم در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است ژنوتیپ‌های ۱۷ (۶۰۳۹ کیلوگرم در هکتار)، ۱۴ (۵۹۶۰ کیاوگرم در

1. Stress Intensity
2. Mean of Productivity
3. Geometric Mean Productivity
4. Harmonic Mean

هکتار)، ۱۲ (۵۶۲۵ کیلوگرم در هکتار)، ۴ (۵۵۳۹ کیلوگرم در هکتار)، ۳ (۵۴۹۲ کیلوگرم در هکتار)، ۷ (۴۹۰۷ کیلوگرم در هکتار)، ۱۰ (۵۴۵۹ کیلوگرم در هکتار) و ۱ (۵۴۳۵ کیلوگرم در هکتار) همگی از لحاظ آماری با ژنوتیپ شماره ۹ در یک گروه قرار دارند. در حالی که در شرایط تنش، بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ (۴۸۸۵ کیلوگرم در هکتار) و ۱۷ (۴۸۹۶ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد (جدول ۳). Pandy et al; (2001) با مطالعه اثر تنش خشکی به همراه تیمار کودی روی گندم نان بیان کردند که عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط تنش کاهش می-یابند. علاوه بر این ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نتایج مشابهی در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های ابتدایی و انتهایی با شاخص بهره‌وری متوسط (MP) دارند. به‌طوریکه ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۱۷ ، ۱۴، ۷، ۹ و ۱۲ در یک گروه قرار دارند. ژنوتیپ-های ۱۵، ۱۷، ۷، ۱۲ و ۹ (به‌ترتیب ۱/۰۰، ۰/۹۹، ۰/۸۱، ۰/۸۰ و ۰/۷۹) دارای بیشترین مقدار شاخص تحمل به تنش (STI) و ژنوتیپ‌های ۱۸، ۱۶، ۱۱ و ۱۳ (به‌ترتیب ۰/۵۵، ۰/۵۳، ۰/۳۵ و ۰/۳۴) دارای کمترین مقدار برای این شاخص بودند (جدول۳). همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۱۷ و ۱۴ دارای بیشترین مقدار شاخص عملکرد (YI) (۱/۳۲) می‌باشند که این ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ‌های شماره‌های ۲، ۴، ۵، ۷، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۵، ۱۹و ۲۰ دارای اختلاف معنی‌دار نبوده و در یک گروه از لحاظ آماری قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ و ۱۱ به‌ترتیب از نظر شاخص میانگین هارمونیک (HAM) دارای کمترین مقدار (۳۰۰۰ و ۳۵۸۴) هستند. در خصوص شاخص حساسیت به تنش (SSI) ژنوتیپ‌های شماره ۱۱ و ۸ (عدم اختلاف معنی‌دار با ژنوتیپ‌های ۱،۳، ۴، ۹، ۱۰، ۱۳، ۱۶ و ۱۸) دارای بیشترین مقدار و ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۴ دارای کمترین مقدار هستند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ و ۷ دارای بیشترین مقدار و ژنوتیپ شماره ۸ و ۱۱ دارای کمترین مقدار شاخص YSI بودند (جدول ۳).

جدول ۲- میانگین مربعات شاخص‌های مقاومت به خشکی در لاین‌های امیدبخش و ارقام اصلاح شده جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		Yp	Ys	TOL	MP	GMP	YSI	HAM	SSI	STI	YI
تکرار	۲	۳۳۸۸۱۰/۹	/۹ ۳۷۶۷۷ ۱۹	۴۷۳۸۰۳/۱	۲۳۹۳۱۴/۶	۲۳۲۰۷۵/۲	۰/۰۱۰	۲۳۷۸۳۴/۷	۰/۰۹۸	۰/۰۲۹	۰/۰۲۸
تیمار	۱۹	/۳** ۱۱۶۹۱۴۰	/۷** ۱۵۲۱۶ ۳۳۷	/۲ns ۱۱۰۷۸۸۵	/۶** ۱۰۶۸۴۱۵	/۰** ۱۱۶۹۳۴۹	۰/۰۳۳*	۱۲۹۰۵۲۴/۹**	۰/۳۱۸*	۰/۱۰۲**	/۱۱۲** ۰
خطای آزمایشی	۳۸	۳۱۴۶۲۳/۷	/۸ ۳۷۴۰۶ ۵	۶۸۹۳۳۸/۷	۱۷۲۰۱۰/۱	۲۰۷۷۸۹/۱	۰/۰۱۷	۲۵۸۳۵۹/۷	۰/۱۵۹	۰/۰۱۸	۰/۰۲۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۲۹	۱۶/۵۹	۴۷/۱۵	۹/۰۸	۱۰/۲۳	۱۸/۹۷	۱۱/۷۰	۴۰/۴۱	۱۹/۶۷	۱۶/۵۹

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

Yp= عملکرد در شرایط نرمال، Ys= عملکرد در شرایط تنش، YSI= پایداری عملکرد، HAM= شاخص میانگین هارمونیک، TOL= شاخص تحمل به تنش SSI = شاخص حساسیت به تنش، MP = شاخص بهره‌وری متوسط، STI = شاخص تحمل به تنش، GMP = شاخص میانگین هندسی برهبرداری و YI= شاخص عملکرد

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد لاین‌های امید بخش و اصلاح شده جو در شرایط نرمال و تنش به روش دانکن

ژنوتیپ	YP	YS	MP	TOL	GMP	YSI	HAM	STI	YI	SSI
۱	۵۴۳۵ bcde	۳۴۷۰ gh	۴۴۵۳ cde	۱۹۶۵ abc	۴۳۱۸ cde	۰/۶۶ abcd	۴۱۸۸ def	۰/۶۳ cde	۰/۹۴ cdef	۱/۰۴ abcd
۲	۴۹۶۴ cde	۳۹۲۷ cdef	۴۴۴۶ cde	۱۰۳۷ c	۴۴۱۲ cde	۰/۷۸ ab	۴۳۷۹ bcdef	۰/۶۵ cde	۱/۰۶ abcde	۰/۵۶ cd
۳	۵۴۹۲ bcd	۳۵۹۸ fg	۴۵۴۵ cde	۱۸۹۴ abc	۴۳۶۰ cde	۰/۶۶ abcd	۴۱۹۷ def	۰/۶۵ cde	۰/۹۷ cde	۱/۰۲ abcd
۴	۵۵۳۹ bcd	۳۷۳۳ efg	۴۶۳۶ cde	۱۸۰۶ abc	۴۵۰۲ cde	۰/۶۷ abcd	۴۳۷۸ bcdef	۰/۶۹ cde	۱/۰۱ abcde	۱/۰ abcd
۵	۵۳۵۶ bcde	۴۰۶۶ cde	۴۷۱۱ bcde	۱۲۸۹ bc	۴۶۶۴ abcde	۰/۷۶ abc	۴۶۱۸ abcde	۰/۷۳ bcde	۱/۱۰ abcd	۰/۷۳ bcd
۶	۵۰۵۰ cde	۳۶۶۶ fg	۴۳۵۸ cde	۱۳۸۴ bc	۴۳۰۲ cde	۰/۷۲ abcd	۴۲۴۷ def	۰/۶۲ cde	۰/۹۹ bcde	۰/۸۴ bcd
۷	۵۴۷۳ bcd	۴۴۱۹ b	۴۹۴۶ abcd	۱۰۵۴ c	۴۹۰۷ abc	۰/۸۱ ab	۴۸۷۰ abcd	۰/۸۱ abc	۱/۱۹ abc	۰/۵۶ d
۸	۵۲۷۲ cde	۲۷۱۸ j	۳۹۹۵ efg	۲۵۵۴ abc	۳۷۸۴ ef	۰/۵۱ cd	۳۵۸۴ fgh	۰/۴۹ ef	۰/۷۳ efg	۱/۴۹ ab
۹	۶۴۳۴ ab	۳۶۸۶ fg	۵۰۶۰ abc	۲۷۴۸ ab	۴۸۰۶ abcd	۰/۵۸ abcd	۴۵۷۱ abcdef	۰/۷۹ abcd	۰/۹۹ abcde	۱/۲۹ abcd
۱۰	۵۴۵۹ bcd	۳۸۲۷ defg	۴۶۴۳ cde	۱۶۳۲ abc	۴۵۷۰ bcde	۰/۷۰ abcd	۴۴۹۸ abcdef	۰/۷۰ cde	۱/۰۳ abcde	۰/۹۱ abcd
۱۱	۴۷۲۵ de	۲۲۱۲ k	۳۴۶۹ fg	۲۵۱۳ abc	۳۲۲۵ f	۰/۴۷ d	۳۰۰۰ h	۰/۳۵ f	۰/۵۹ g	۱/۶۳ a
۱۲	۵۶۲۵ bcd	۴۲۷۲ bc	۴۹۴۹ abcd	۱۳۵۴ bc	۴۸۹۶ abc	۰/۷۶ abc	۴۸۴۵ abcde	۰/۸۰ abc	۱/۱۵ abcd	۱/۷۳ bcd
۱۳	۴۳۶۰ e	۲۳۹۵ k	۳۳۷۷ g	۱۹۶۵ abc	۳۲۰۱ f	۰/۵۵ bcd	۳۰۴۱ gh	۰/۳۴ f	۰/۶۴ fg	۱/۳۶ abc
۱۴	۵۹۶۰ bc	۴۸۸۵ a	۵۴۲۳ ab	۱۰۷۴ c	۵۳۸۶ ab	۰/۸۲ a	۵۳۵۰ ab	۰/۹۷ ab	۱/۳۲ ab	۰/۵۴ d
۱۵	۷۲۴۴ a	۴۱۲۴ bcd	۵۶۸۴ a	۳۱۲۰ a	۵۴۶۴ a	۰/۵۷ abcd	۵۲۵۲ abc	۱/۰۰ a	۱/۱۱ abcd	۱/۳۲ abcd
۱۶	۵۰۷۳ cde	۳۱۱۵ i	۴۰۹۴ efg	۱۹۵۸ abc	۳۹۷۵ def	۰/۶۱ abcd	۳۸۶۰ efgh	۰/۵۳ def	۰/۸۴ defg	۱/۱۹ abcd
۱۷	۶۰۳۹ bc	۴۸۹۶ a	۵۴۶۸ ab	۱۱۴۳ bc	۵۴۳۵ a	۰/۸۱ ab	۵۴۰۳ a	۰/۹۹ a	۱/۳۲ a	۰/۵۷ cd
۱۸	۵۲۲۴ cde	۳۱۷۷ hi	۴۲۰۱ def	۲۰۴۷ abc	۴۰۷۳ cde	۰/۶۰ abcd	۳۹۴۹ defg	۰/۵۵ cdef	۰/۸۶ defg	۱/۲۱ abcd
۱۹	۵۲۱۰ cde	۳۸۲۱ defg	۴۵۱۶ cde	۱۳۸۸ bc	۴۴۵۹ cde	۰/۷۳ abc	۴۴۰۴ bcdef	۰/۶۷ cde	۱/۰۳ abcde	۰/۸۱ bcd
۲۰	۵۰۴۱ cde	۳۷۴۴ efg	۴۳۹۲ cde	۱۲۹۷ bc	۴۳۳۸ cde	۰/۷۵ abc	۴۲۸۵ abcd	۰/۶۴ cde	۱/۰۱ abcde	۰/۷۵ bcd

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند.

شاخص حساسیت به تنش (SSI) بطور گسترده توسط محققان برای شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم استفاده شده است (Fischer & Maurer, 1978; Sori et al., 2005; Clarke et al., 1984; Zebarjadi, 2008; Winter et al., 1988). در این پژوهش میزان شاخص حساسیت به تنش (SSI) برای ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۲ و ۷ (به ترتیب ۰/۵۴، ۰/۶۵، ۰/۵۷، ۰/۵۶ و ۰/۵۶) حداقل بود. هر چقدر میزان شاخص حساسیت به تنش (SSI) کم باشد نشانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی است (Zebarjadi, 2008) که این مورد با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد. انتخاب بر مبنای شاخص بهره‌وری متوسط (MP) به گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا ولی با تحمل به تنش پائین منجر می‌شود (Rossielli & Hamblin, 1981). شاخص بهره‌وری متوسط (MP) قادر به تمایز ارقام متعلق به گروه A از سایر گروه‌ها نخواهد بود (Sio- Se Mardeh et al., 2006). شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت عملکرد در محیط تنش (Ys) و عملکرد در محیط بدون تنش (Yp) دارد. بنابراین شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) در مقایسه با شاخص بهره‌وری متوسط (MP) قدرت بالاتری در تفکیک گروه A از سایر گروه‌ها دارد و بر همین اساس بود که شاخص تحمل به تنش (STI) بر اساس شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) بنا گذاشته شد (Fernandez, 1992). فرناندز شاخص تحمل به تنش (STI) را پیشنهاد کرد تا برای شناسایی

ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش مورد استفاده قرار بگیرد. بنابراین این شاخص قادر به تفکیک و شناسایی گروه A از گروه‌های B وC می‌باشد (Fernandez, 1992). محقیقن دیگر نیز تحمل به تنش (STI) را به عنوان مطلوب‌ترین شاخص مقاومت به خشکی در ارزیابی مقاومت به خشکی لاین-های جانشینی گندم معرفی کرده‌اند (Sori et al.,2005; Farshadfar & Shutka, 2003; Zebarjadi, 2008). شاخص عملکرد (YI) ارقام را فقط بر اساس عملکرد تنش رتبه‌بندی می‌کند و بنابراین ژنوتیپ‌های گروه A را تشخیص نمی‌دهد (Gavuzzi et al., 1997). مقدار شاخص تحمل (TOL) بالاتر بیانگر کاهش عملکرد بیشتر تحت شرایط تنش و حساسیت بالاتر به خشکی می‌باشد. این پارامتر قادر به تفکیک و تشخیص گروه Cو A نخواهد بود. همبستگی منفی بین شاخص تحمل (TOL) و عملکرد تنش (Ys) بدین معنی است که انتخاب بر اساس شاخص تحمل (TOL) باعث کاهش عملکرد تحت تنش می‌شود (Rossielli & Hamblin, 1981; Clarke et al., 1984). باید توجه داشت که پائین بودن مقادیر شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل (TOL) برای یک ژنوتیپ همیشه به منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش نیست، زیرا ممکن است ژنوتیپی با وجود حساسیت کم به تنش خشکی، عملکرد پائینی داشته باشد، لذا این ژنوتیپ فقط دارای حساسیت کم به تنش خشکی است و از لحاظ عملکرد بالقوه مطلوب نمی‌باشد.

جدول ۴- ضرائب همبستگی ساده بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد لاین‌های امید بخش و اصلاح شده جو در دو شرایط محیطی

	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	YSI	HAM	SSI	STI	YI
Yp	۱									
Ys	۰/۵۹۳**	۱								
TOL	۰/۳۳۲	-۰/۵۶۲**	۱							
MP	۰/۸۷۷**	۰/۹۰۷**	-۰/۱۶۲	۱						
GMP	۰/۸۱۷**	۰/۹۴۸**	-۰/۲۷۱	۰/۹۹۳**	۱					
YSI	۰/۰۸۳	۰/۸۴۶**	-۰/۹۰۶**	۰/۵۴۹*	۰/۶۳۸**	۱				
HAM	۰/۷۵۸**	۰.۹۷۲**	-۰/۳۶۱	۰/۹۷۷**	۰/۹۹۵**	۰/۷۰۷**	۱			
SSI	-۰/۰۸۳	-۰/۸۴۶**	۰/۹۰۶**	-۰/۵۴۸*	-۰/۶۳۸**	-۱/۰۰**	-۰/۷۰۷**	۱		
STI	۰/۸۳۵**	۰/۹۳۴**	-۰/۲۳۷	۰/۹۹۴**	۰/۹۹۶**	۰/۶۰۳**	۰/۹۸۷**	-۰/۶۰۳**	۱	
YI	۰/۵۸۴**	۰/۹۹۹**	-۰/۵۷۰**	۰/۹۰۲**	۰/۹۴۳**	۰/۸۵۰**	۰/۹۶۹**	-۰/۸۵۰**	۰/۹۳۱**	۱

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

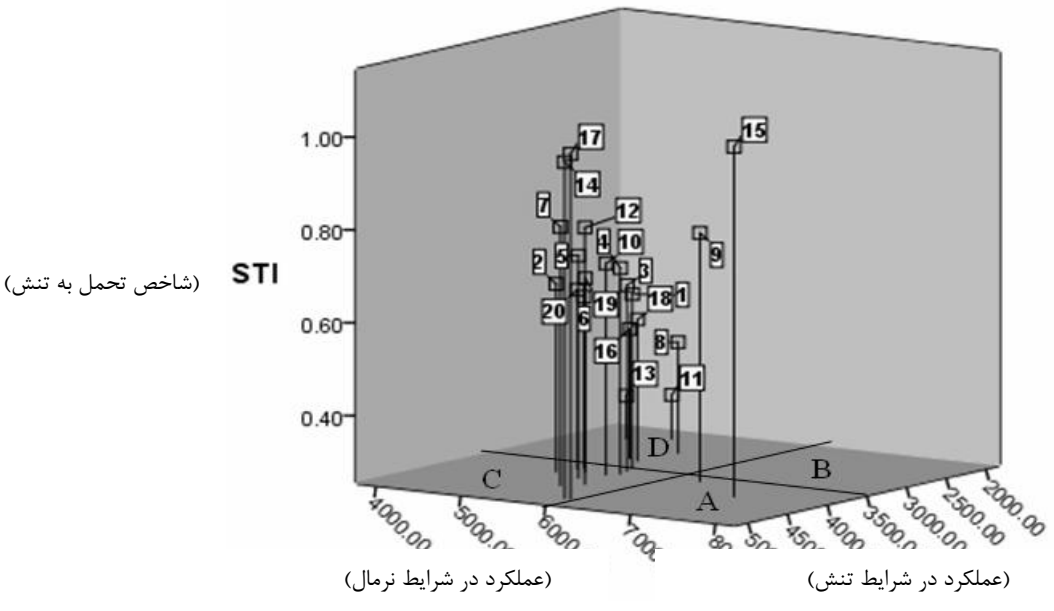
Yp= عملکرد در شرایط نرمال، Ys= عملکرد در شرایط تنش، TOL= شاخص تحمل به تنش، MP= شاخص بهره‌وری متوسط، GMP= شاخص میانگین هندسی برهبرداری، YSI = پایداری عملکرد، HAM = شاخص میانگین هارمونیک، SSI= شاخص حساسیت به تنش، STI = شاخص تحمل به تنش، YI= شاخص عملکرد

ضریب همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش معنی‌دار و برابر ۰/۵۹۳ می‌باشد. عملکرد در شرایط نرمال و تنش با شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، تحمل به تنش (STI)، میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص عملکرد (YI) دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری می‌باشد. همچنین عملکرد در شرایط تنش خشکی با شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) دارای همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری می‌باشد (جدول۴). بنابراین شاخص‌های بهره‌وری متوسط، میانگین هندسی بهره‌وری، تحمل به تنش، میانگین هارمونیک و شاخص عملکرد به دلیل همبستگی معنی-دار و بالا با عملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش، شاخص‌های مناسبی هستند که می‌توانند برای شناسایی

ژنوتیپ‌های مقاوم و تخمین پایداری عملکرد در هر دو شرایط بکار رونـــد. Zebarjadi (2008) در کلـــزا، شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هارمونیک (HAM) را به عنوان شاخص‌های برتر جهت ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل خشکی معرفی نمود. در تحقیقی برای ارزیابی لاین‌های ذرت شاخص‌های بهره-وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و تحمل به تنش (STI) به عنوان شاخص‌های مطلوب‌تر برای مقاومت به خشکی در لاین‌ها معرفی گردید (Farshadfar & Shutka, 2003).

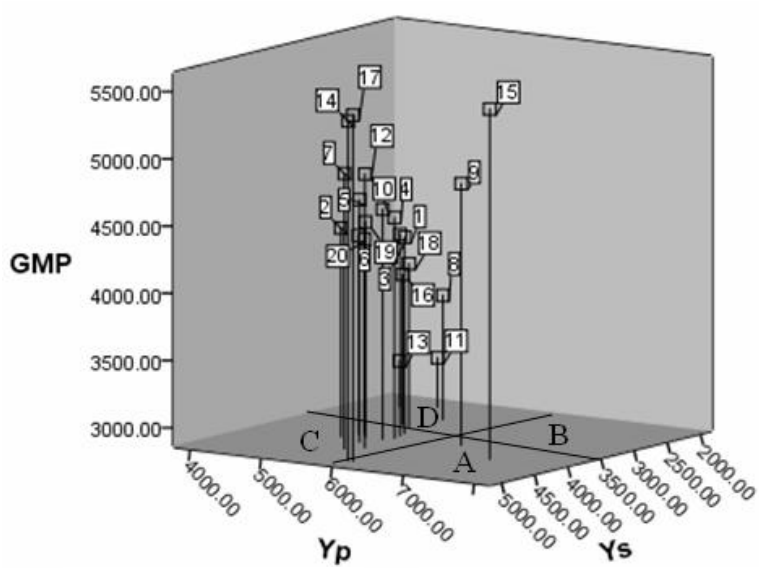
همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص بهره-وری متوسط (MP) با عملکرد در هر دو شرایط نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس این شاخص منجر به افزایش عملکرد تحت هر دو شرایط محیطی تنش و بدون تنش می‌شود. شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نیز در هر دو شرایط دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد می‌باشد و این شاخص قدرت بیشتری در مقایسه با شاخص بهره‌وری متوسط (MP) در تفکیک گروه A از سایر گروه‌ها دارد. در این تحقیق شاخص تحمل (TOL) (جدول ۴) با عملکرد در شرایط نرمال همبستگی ندارد اما با عملکرد در شرایط تنش دارای همبستگی منفی و معنی‌دار است. هرچه قدر مقدار این شاخص بیشتر باشد نمایانگر کاهش عملکرد بیشتر در شرایط تنش و حساسیت بالاتر به خشکی می-باشد. همبستگی منفی با عملکرد در شرایط تنش بدین معنی است که انتخاب بر اساس شاخص تحمل (TOL) باعث کاهش عملکرد تحت شرایط تنش می‌شود (Rossielli & Hamblin, 1981).

بر اساس شاخص تحمل به تنش (STI)، دو ژنوتیپ شماره ۱۵ و ۹ در گروه A و بقیه ژنوتیپ‌ها در گروه C و D قرار دارند و در بررسی سایر شاخص‌ها نیز نتایج مشابهی بدست آمد (شکل‌های ۱ تا ۵). این مسئله خود بیانگر سودمندی این شاخص در جدا کردن گروه A از سایر گروه‌ها می‌باشد. لازم به ذکر است محققین دیگر در تفسیر نتایج خود از نمودارهای سه بعدی بهره گرفته‌اند (Zebarjadi , 2008; Sori et al., 2005).



شکل۱- نمودار سه‌بعدی بین عملکرد لاین‌های امیدبخش و اصلاح شده جو در شرایط نرمال و تنش با شاخص تحمل به تنش خشکی.

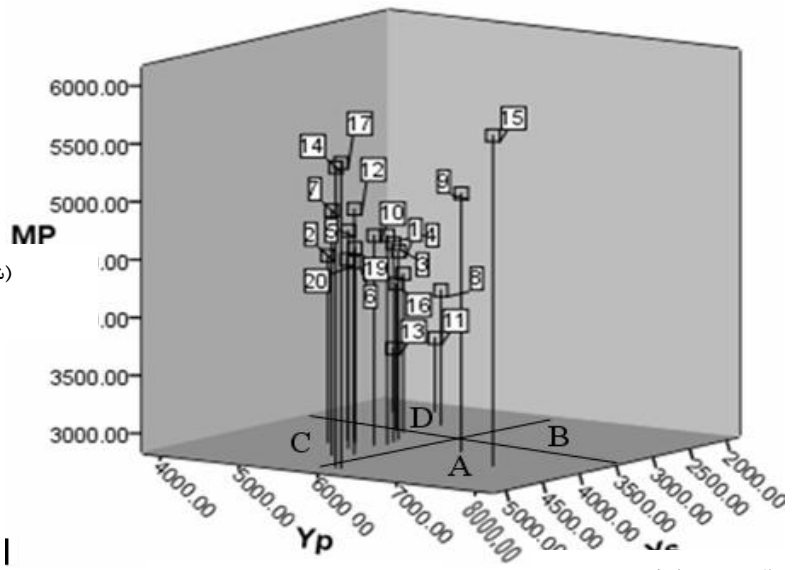
(شاخص میانگین هندسی بهره وری)



(عملکرد در شرایط نرمال) (عملکرد در شرایط تنش)

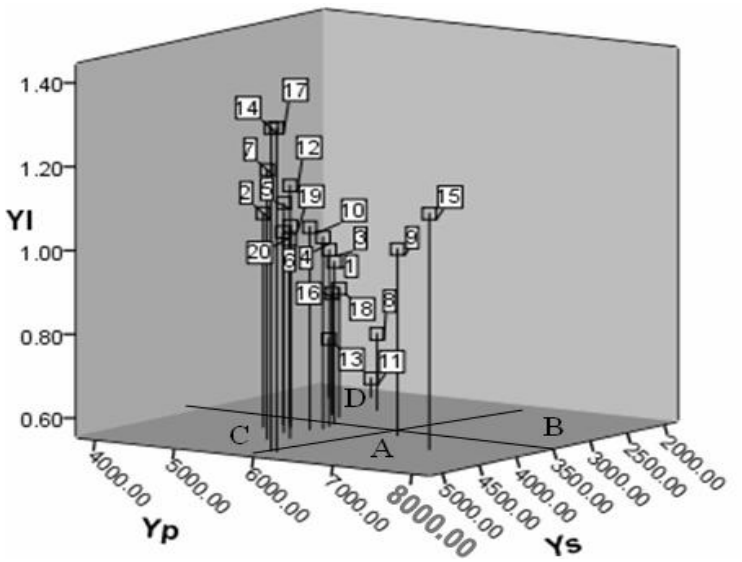
شکل۲- نمودار سه‌بعدی بین عملکرد لاین‌های امیدبخش و اصلاح شده جو در شرایط نرمال و تنش با شاخص میانگین هندسی بهره‌وری.

(شاخص میانگین بهره وری)



(عملکرد در شرایط نرمال) (عملکرد در شرایط تنش)

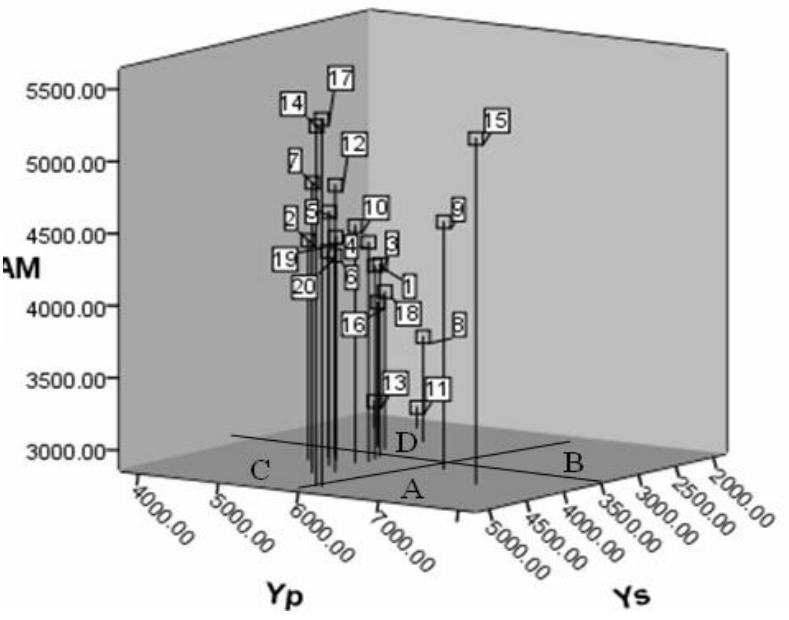
شکل۳- نمودار سه‌بعدی بین عملکرد لاین‌های امیدبخش و اصلاح شده جو در شرایط نرمال و تنش با شاخص میانگین بهره‌وری.



(شاخص عملکرد)

(عملکرد در شرایط نرمال) (عملکرد در شرایط تنش)

شکل۴- نمودار سه‌بعدی بین عملکرد لاین‌های امیدبخش و اصلاح شده جو در شرایط نرمال و تنش با شاخص عملکرد



(شاخص میانگین هارمونیک)

(عملکرد در شرایط نرمال) (عملکرد در شرایط تنش)

شکل۵- نمودار سه‌بعدی بین عملکرد لاین‌های امیدبخش و اصلاح شده جو در شرایط نرمال و تنش با شاخص میانگین هارمونیک

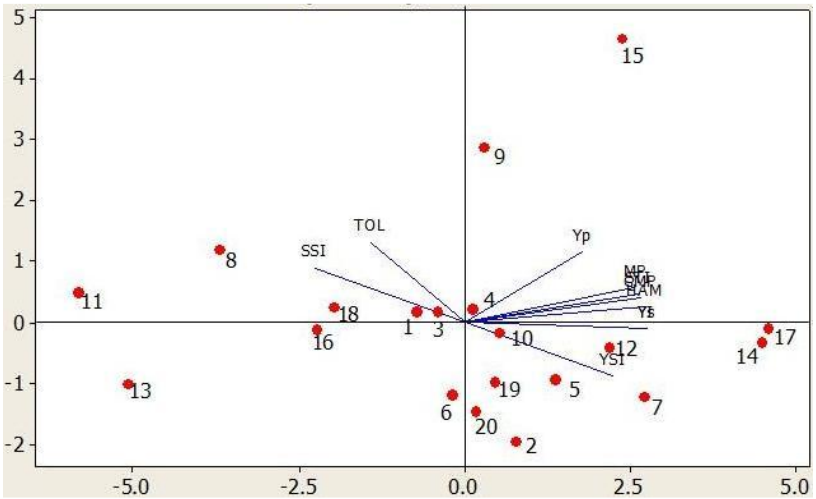
نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه اصلی (جدول ۵) برای کلیه شاخص‌ها نشان داد که ۹۹/۸۰٪ از تغییرات کل توسط دو مؤلفه اول (PC2, PC1) بیان گردید. از آنجایی که مؤلفه اول (PC1) تغییراتی را در بر می‌گیرد

که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی‌شوند و بالعکس، از این جهت دو مؤلفه را می‌توان به صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپ‌ها را بر اساس این دو مؤلفه در سطح نمودار فوق مشخص نمود. در این بررسی مشخص گردید که، اولین مؤلفه اصلی ۷۶/۷۷ درصد از کل تغییرات را بیان می‌کند و این مؤلفه همبستگی بالایی با عملکرد تنش و بدون تنش و شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، تحمل به تنش (STI)، میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص عملکرد (YI) دارد. با توجه به اینکه میزان بالای این شاخص‌ها و همچنین میزان پایین شاخص حساسیت به تنش (SSI) مطلوب می‌باشد، بنابراین اگر میزان مؤلفه اول بالا در نظر گرفته شود، می‌توان ژنوتیپ‌هایی را که دارای عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و شاخص حساسیت به تنش (SSI) پایین هستند را انتخاب نمود. از این رو مؤلفه اول می‌تواند به‌عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی نامگذاری شود. به عبارت دیگر، انتخاب بر اساس مقادیر بیشتر این مؤلفه، موجب گزینش ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به تنش محیطی می‌شود که در هر دو محیط دارای عملکرد بالایی هستند. دومین مؤلفه ۲۳ درصد از تغییرات را بیان می‌نماید. این مؤلفه همبستگی پایینی با عملکرد تنش و شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، تحمل به تنش (STI)، میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص عملکرد (YI) همبستگی بسیار بالایی با شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) داشت. بنابراین مؤلفه دوم را می‌توان به عنوان مؤلفه حساسیت به تنش که ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین درشرایط تنش را جدا می‌کند، نامگذاری کرد. اگر میزان مؤلفه دوم پایین باشد ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و تحمل به تنش (STI) بالا و شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) پایین و عملکرد بالایی در شرایط تنش باشند. بر اساس بای - پلات ترسیم شده بر مبنای مؤلفه‌های اصلی اول و دوم (شکل ۶)، ژنوتیپ‌ها به گروه‌هایی تقسیم شدند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش ژنوتیپ‌ها بود. ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۴ در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و تحمل به تنش (STI) قرار دارند و ژنوتیپ‌های ۳، ۱، ۱۸ و ۸ در ناحیه با عملکرد پایین در شرایط تنش و حساسیت بالا به خشکی و در مجاورت شاخص‌های مهم حساسیت به خشکی شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) قرار گرفتند (نمودار۶). در واقع می‌توان گفت که این ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های بدون تنش بودند. به طور کلی می‌توان این توزیع را بیان کننده تنوع ژنتیکی موجود در ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط تنش دانست. شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و تحمل به تنش (STI) با عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت داشت و زوایای تند بین بردارهای این سه شاخص نسبت به هم نشان از همبستگی مثبت و بسیار بالای آن‌ها با هم داشت.

جدول۵ - مقادیر ویژه و سهم تجمعی تمامی شاخص‌های مقاومت به خشکی در لاین‌های امید بخش و اصلاح شده جو

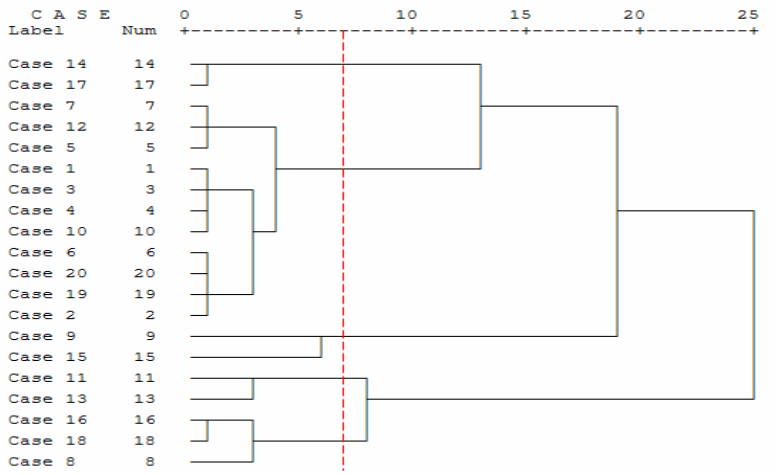
مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	YP	YS	TOL	MP	GMP	YSI	HAM	SSI	STI	YI
۱	۷/۶۶۵	۷۶/۷۷	۰/۲۳۳	۰/۳۶۰	-/۱۸۳	۰/۳۳۷	۰/۳۴۹	۰/۲۹۴	۰/۳۵۶	-۰/۲۹۴	۰/۳۴۵	۰/۳۶۰
۲	۲/۳۰۹	۹۹/۸۸	۰/۵۰۳	-۰/۰۴۲	۰/۵۶۵	۰/۲۳۸	۰/۱۶۸	-۰/۳۸۱	۰.۱۰۷	۰/۳۸۱	۰.۱۹۲	-۰/۰۴۸
۳	۰/۰۱۸	۹۹/۹۹	۰/۲۷۷	-۰/۱۴۳	۰/۴۵۱	۰/۰۵۹	۰/۰۴۳	۰/۴۶۴	۰/۰۲۶	-۰/۴۶۴	-۰/۴۳۷	-۰/۲۶۸
۴	۰/۰۰۱	۱۰۰/۰۰	۰/۲۱۲	۰/۰۷۱	۰/۱۳۵	۰/۱۵۳	-۰/۳۶۲	۰/۱۱۱	-۰/۷۲۴	-۰/۱۱۶	۰/۱۵۷	۰/۴۵۰
۵	۰/۰۰۰	۱۰۰/۰۰	۰/۲۰۴	۰/۴۶۳	-۰/۳۳۳	۰/۰۳۸۳	۰/۰۵۷	-۰/۱۸۲	-۰/۱۷۶	۰/۱۷۰	-۰/۶۱۰	-۰/۱۳۶

Yp= عملکرد در شرایط نرمال، Ys= عملکرد در شرایط تنش، TOL= شاخص تحمل به تنش، MP= شاخص بهره‌وری متوسط، GMP= شاخص میانگین هندسی برهبرداری، YSI = پایداری عملکرد، HAM = شاخص میانگین هارمونیک، SSI= شاخص حساسیت به تنش، STI = شاخص تحمل به تنش، YI= شاخص عملکرد



شکل۶- توزیع لاین‌های امیدبخش و اصلاح شده جو بر اساس مؤلفه‌های اول و دوم بر اساس شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش.

ژنوتیپ‌های ۴، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۷ در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و تحمل به تنش (STI) قرار دارند (شکل ۶). Fernandez (1992) در لوبیا و Zebarjadi (2008) در کلزا و Sori و همکاران (2005) در نخود از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای پلات به منظور انتخاب ارقام متحمل به تنش رطوبتی بهره گرفته‌اند. ژنوتیپ‌های با عملکرد مشابه در هر یک از محیط‌ها، در یک گروه قرار می‌گیرند و ژنوتیپ‌هایی که از یکدیگر فاصله دارند در دسته‌های مجزا قرار گرفته‌اند (شکل ۷) و مفهوم آن این است که ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش به صورت مجزا در گروه‌ها قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌ها در پنج گروه مجزا قرار می‌گیرند و ناحیه مربوط به خط برش و نتایج حاصل از تابع تشخیص صحت پنج گروه را صد در صد تأیید نمود بطوریکه ژنوتیپ‌های ۱۴ و ۱۷ با هم در یک گروه، ژنویپ‌های ۷، ۱۲، ۵، ۱، ۳، ۴، ۱۰، ۶، ۲۰، ۱۹ و ۲ همگی در یک کلاس، ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۵ در یک گروه و در نهایت ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۳، ۱۶، ۱۸ و ۸ نیز در یک کلاس واقع شده‌اند (شکل۷).



شکل ۷- دندروگرام لاین‌های امید بخش و اصلاح شده جو بر اساس شاخص‌های مقاومت به خشکی (HAM, GMP, MP, STI, SSI, YI, YSI, TOL) با روش تجزیه خوشه‌ای.

نتیجه گیری کلی

ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال رطوبتی به تنهایی قادر به انتخاب ژنوتیپ‌های برتر نمی‌باشد لذا بررسی ارقام در هر دو شرایط تنش رطوبتی و نرمال مورد توجه محققین قرار گرفته است (Nasir et al., 1992; Zebarjadi, 2008). به همین منظور تحقیق حاضر بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌های جو در دو شرایط محیطی و محاسبه شاخص‌های مقاومت به خشکی پایه ریزی شد .در هر دو شرایط محیطی تفاوت بین لاین‌ها و ارقام اصلاح شده مشاهده گردید ولی لاین‌های امیدبخش ۱۴، ۱۵ و ۱۷ در هر دو محیط علاوه بر عملکرد بالا دارای بیشترین مقدار برای شاخص تحمل به تنش (STI) بودند. این نتیجه از طریق بررسی ضرائب همبستگی بین دو عملکرد در دو شرایط و شاخص‌های مقاومت به خشکی نیز تایید گردید، به نحوی که شاخص تحمل به تنش (STI) همبستگی بالا و بسیار معنی‌داری با عملکرد در شرایط نرمال (Yp) و شرایط غیر نرمال (Ys) نشان داد به همین دلیل به عنوان شاخص مناسب و کارآمد در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی به کار گرفته شد. همبستگی عملکرد در شرایط نرمال با شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) ، تحمل به تنش (STI)، میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص عملکرد (YI) دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری می‌باشد (جدول ۴). عملکرد در شرایط تنش خشکی با شاخص‌های MP، GMP، YSI، HAM، STI و YI دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری می‌باشد. همچنین عملکرد در شرایط تنش خشکی با شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) دارای همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری می‌باشد. نتایج تجزیه به مؤلفه اصلی برای شاخص‌هایی که دارای همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش بودند، بیانگر این امر است که ۹۹/۹۰٪ درصد تغییرات توسط دو مؤلفه اول (PC2, PC1) بیان شد. مؤلفه اول با شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، تحمل به تنش (STI)، میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص عملکرد (YI) دارای همبستگی مثبت بود. لاین‌های امیدبخش ۱۷ و ۱۴ در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی بهره‌وری متوسط (MP) ، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و تحمل به تنش (STI) قرار دارند. ژنوتیپ‌ها به پنج گروه (۱۵، ۹)، (۱۷،۱۴)، (۱۳، ۱۱)، (۱۶، ۱۸، ۸) و بقیه ژنوتیپ‌ها در یک گروه قرار دارند و تابع تشخیص این گروه بندی را به صورت صد در صد مورد تأیید قرار داد. به‌طور کلی می‌توان به کشاورزان و محققین اعلام نمود که لاین‌های امیدبخش ۱۷، ۱۴ و ۱۵ به‌عنوان متحمل‌ترین لاین‌ها در مقابل خشکی در شرایط استان کرمانشاه می‌باشند و می‌توان از آنها برای تولید تجاری و اصلاح ارقام برتر جو در استان استفاده نمود.

REFERENCES

1. Blum, A., Gozlan, G. & Mayer, J. (1981). The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. *Crop Sci*, 21, 495-499.
2. Clarke, J. M., Towenley-Smith., T. M., McCaig. T. N. & Green, D. G. (1984). Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Sci*, 24, 537- 541.
3. Falconer, D. S. (1983). *Introduction to quantittative genetics*. Znded. Longman group limited, New York.
4. Farshadfar, E. & Shutka, J. (2003). Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Research Communications*, 31, 33-40.
5. Fernandez, G. C. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance in proceeding of an the sympo *Crop Sci*, 28, 13- 16.
6. Fischer, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. *Aust J Agric Res*, 29, 897- 912.
7. Forsrter. B. P., Ellism. R. P., Thomas. W. T. B., Newton. A. C., Tuberosa. R., EI – Enein, R. A., Bahri, M. H. & Ben Salam, M. (2000). The development and application of molecular markers for abiotic stress tolerance in barley. *Journal of Experimental Botany*, 51, 19 – 27.

8. Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M. & Campaline, R. G. Ricciardi, G. L. & Borghi. B. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of droght and heat tolerance in winter cereals. *Can J Plant Sci*, 77, 523- 531.
9. Giunta, F., Motzo, R. & Deidda, M. (1993). Effects of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 33, 339-409.
10. Golestani Araghi, S. & Assad, M. T. (1998). Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. *Euphytica*, 103, 293- 299.
11. Jensen, N. F. (1988). *Plant Breeding Methodology*. Cornell university. New York. John wiley: 379- 380.
12. Johnston, A. M. & Fowler, D. E. (1992). Response of no-till winter wheat to nitrogen fertilization and drought stress. *Can J Plant Sci*, 72, 1075-1089.
13. Hashemi-Dezfoli, A., Kocheki, A. & Banayaneaval, M. (1995). Yield Increasing of Agronomy Plants (Translated). Jahad -e- Daneshghahi Mashhad Press.
14. Nasir Ud-Din., Carver, B. F. & Clutte, A. C. (1992). Genetic analysis and selection for wheat yield in drought stressed and irrigated environments. *Euphytica*, 62, 89-96.
15. Page, A. L., Miller, R. H. & Keeney, R. (1986). *Method of Soil Analysis*. Part 2 chemical and microbiological properties. Second edition. Publisher: American Society of Agronomy.
16. Pandey, R. K., Maronville, J. W. & Admou, A. (2001). Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. *Europ J Agron*, 15, 93-105.
17. Rossielli, A. & Hamblin, A. J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci*, 21, 1441- 1446.
18. Sio - Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. & Mohammadi, V. (2006). Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*, 98, 222- 229.
19. Sori, J., Dehghani, H. & Sabaghpor, S. H. (2005). Study of genotypes of chickpea in water stress condition. *Iranian Journal of Agric Sci*, 6, 1517-1527 (In Frsi).
20. Winter, S. R., Musick, J. T. & Porter, K. B. (1988). Evaluation of screening techniques for breeding drought- resistance winter wheat. *Crop Sci*, 28, 512- 516.
21. Yazdi samadi, B. & Abd Mishani, C. (2004). *Breeding field crops* (5^{th} ed). Tehran: Mrkaze Nashr (In Frsi).
22. Zebarjadi, A. R. (2008). *Study on effects of drought stress on yield and yield components in some of rapeseed (Brassica napus) winter genotypes*. Final report of research NO. 542. Razi university (In Frsi).